

# Perché la liquefazione del terreno e quali gli effetti

Dopo il terremoto che ha colpito l'Emilia Romagna, è stato osservato un fenomeno insolito che ha provocato crepe in giardini e cantine e fratture sui muri di molte case, costruite vicino a vecchi alvei di fiumi, da cui è fuoruscito fango o si sono riempite di sabbia. In altri casi si sono formati piccoli vulcani di sabbia che hanno provocato il cedimento di molte abitazioni. Si tratta del fenomeno, poco frequente in Italia, della liquefazione delle sabbie su cui abbiamo chiesto chiarimento agli esperti

■ Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Guido Martini, Vladimiro Verrubbi

**L**a sequenza sismica che ha recentemente interessato la Pianura Padana Emiliana ha dato origine a diverse manifestazioni di liquefazione. I fenomeni osservati riguardano sia le manifestazioni su terreno libero (Figura 1) sia su manufatti (Figura 2).

La liquefazione riguarda depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi (depositi granulari non coesivi) sciolti e saturi. In condizioni statiche, ossia di applicazione lenta del carico, la permeabilità di questi materiali consente il deflusso dell'acqua interstiziale, evitando l'insorgenza di pressioni neutre, e il carico viene trasferito direttamente dai granelli di sabbia. Durante un terremoto, invece, il rapido aumento ciclico delle pressioni neutre interstiziali può superare la capacità del materiale di drenare l'acqua e, quindi, di dissipare le sovrappressioni stesse. In altre parole il drenaggio è impedito perché, anche se la permeabilità è elevata, il tempo che l'acqua ha a disposizione è insufficiente per un drenaggio completo. Di conseguenza, si verifica un progressivo aumento delle pressioni neutre e una cospicua riduzione della resistenza a taglio del terreno: se la

pressione neutra eguaglia quella totale, la resistenza a taglio del terreno si annulla. In tali condizioni i manufatti sovrastanti possono subire spostamenti importanti e, in terreno libero e condizioni di morfologia movimentata, si possono verificare scorrimenti di elementi di volume superficiali. Il fenomeno è documentato da numerosi casi: si hanno dei getti di acqua dal sottosuolo a causa delle notevoli pressioni neutre e spostamenti notevoli anche di grossi manufatti.

Studi sperimentali hanno dimostrato che, affinché si verifichi liquefazione, è necessario che si siano determinate condizioni di carattere geotecnico e azioni sismiche con determinate caratteristiche, in termini di durata, intensità, frequenza dominante. Le condizioni geotecniche riguardano la composizione granulometrica, lo stato di addensamento e lo stato tensionale effettivo iniziale della sabbia. Influenza sul fenomeno hanno anche la struttura ed età del deposito e la storia tensionale e di deformazione. Se la porzione di suolo sopra le sabbie soggette a liquefazione lo consente, avviene il fenomeno dell'espulsione di acqua e sabbia dallo strato "liquefatto" attraverso gli strati più superficiali, originando caratteristici coni di sabbia o lungo degli allineamenti (Figura 3).

La figura 4 mostra quanto avvenuto in Giappone a seguito del terremoto di Niigata, di magnitudo  $M=7.5$ ,

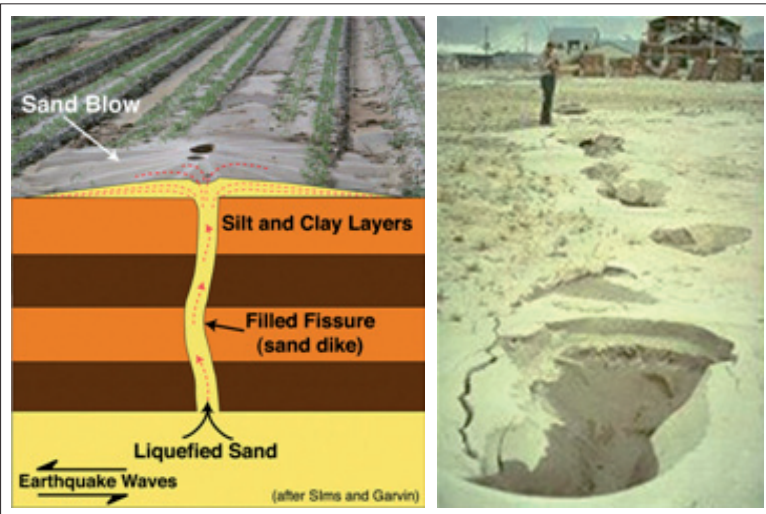
■ **Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Vladimiro Verrubbi**  
 ENEA, Unità Tecnica Caratterizzazione, Prevenzione e Risanamento Ambientale  
 ■ **Guido Martini**  
 ENEA, Unità Tecnica Sviluppo di Applicazioni delle Radiazioni



**FIGURA 1** Evidenti segni di liquefazione su terreno libero a seguito del sisma in Emilia  
Fonte: INGV - EMERGEO



**FIGURA 2** Effetti della liquefazione su manufatti a seguito del sisma in Emilia<sup>[5]</sup>



**FIGURA 3** Schematizzazione della risalita di acqua e sabbia<sup>[1]</sup> e sabbia espulsa da terreni liquefatti a Niigata nel 1964<sup>[2]</sup>



**FIGURA 4** Collasso di edifici dovuto a liquefazione a Niigata nel 1964<sup>[2]</sup>



**FIGURA 5** Effetti della liquefazione su un ponte a Niigata nel 1964<sup>[2]</sup>

il 16 giugno 1964: a causa della perdita di resistenza a taglio del suolo si è verificato lo sprofondamento di interi edifici, che si sono letteralmente adagiati su un lato.

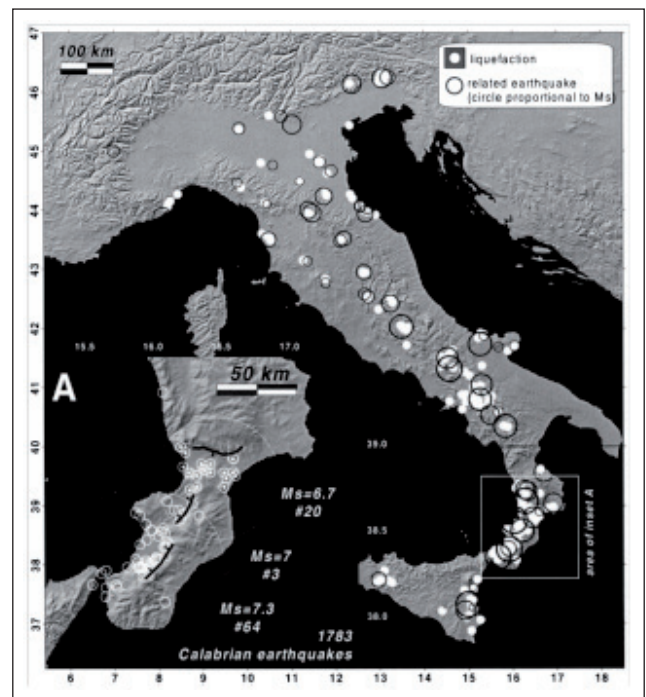
In figura 5 è mostrato il caso di un ponte a campate semplicemente appoggiate, dove per effetto della liquefazione ha ceduto la spalla e, con effetto domino, tutte le campate.

La liquefazione può causare anche l'innescio di frane, come registrato durante l'evento sismico

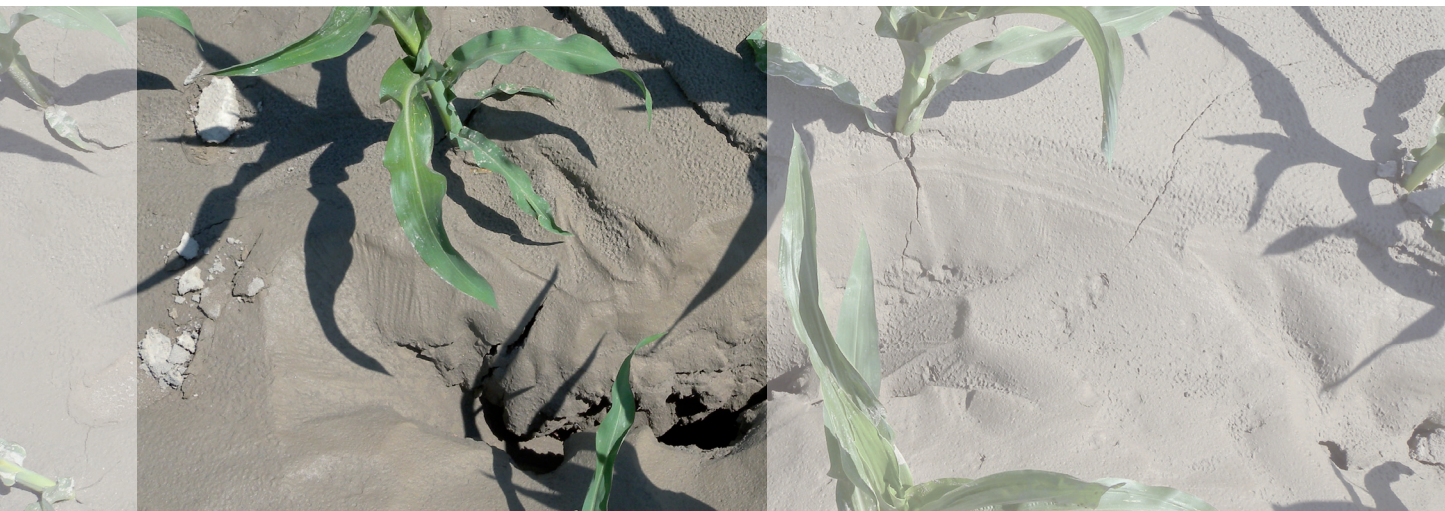


**FIGURA 6** Parziale collasso della diga di San Fernando dovuto a liquefazione<sup>[2]</sup>

dell'Alaska del 1964, e il collasso di dighe in terra, come avvenuto a San Fernando, in California, nel 1971 (Figura 6).



**FIGURA 7** Fenomeni di liquefazione ed eventi sismici dal 1117 al 1990



**FIGURA 8** Terremoto in Calabria 1783: incisione raffigurante centinaia di conetti di sabbia sulle sponde del fiume Mesima <sup>[3]</sup>

I primi studi su questi fenomeni cosismici mettevano in relazione la liquefazione con forti accelerazioni

simiche e, quindi, con eventi di elevata magnitudo; per questo motivo si riteneva poco probabile nel nostro paese l'insorgenza di fenomeni di liquefazione, per lo meno di grandezza comparabile con quanto osservato all'estero.

In realtà, in Italia il fenomeno è stato osservato in diverse occasioni e il catalogo dei fenomeni storici di liquefazione<sup>[3]</sup> riporta manifestazioni del fenomeno a partire da eventi con  $MS = 4.2$  (Figura 7). In Figura 8 è documentata la formazione di conetti di sabbia durante la sequenza sismica calabra del 1783.

Anche per il terremoto di Ferrara del 1570, per il quale è stata valutata una intensità macrosismica epicentrale VII-VIII MCS, associabile ad una magnitudo pari a 5.5, le fonti documentarie indicano l'insorgenza di liquefazioni del terreno nell'area urbana e nelle aree limitrofe, con l'apertura di fessure dalle quali fuoriuscivano fumi, sabbie bollenti ed una non meglio definita "schiuma nera"<sup>[6]</sup>. ●

#### note

- [1] <http://mptuttle.com/newmadrid3.html>
- [2] <http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/main.html>
- [3] Galli P., New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction, *Tectonophysics* 324 (2000) 169–187
- [4] [http://psc.unioneareanord.mo.it/medolla/psc/doc/Rischio\\_Sismico/Tavole\\_Microzonazione\\_Sismica.pdf](http://psc.unioneareanord.mo.it/medolla/psc/doc/Rischio_Sismico/Tavole_Microzonazione_Sismica.pdf)
- [5] Mirandola Earthquake Working Group (DPC, UniChieti, Uni Trieste, Regione Umbria) - Report 1 - (<http://www.protezionecivile.gov.it/cms/it/ran.wp>)
- [6] Guidoboni E., et al. 2007 - CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA. Available from <http://storing.ingv.it/cfti4med>